

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О.О. ЛЕХМУС

**МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ І
СУДНОВИХ ВІДХОДІВ**

*Рекомендовано Методичною радою НУК
як методичні вказівки*

Миколаїв 2004

УДК 500.3:006.354;629.12.06.

Лехмус О.О. Методи та технології переробки побутових і суднових відходів: Методичні вказівки. – Миколаїв: НУК, 2004 – 48 с.

Кафедра кондиціонування та рефрижерації

Наведено відомості про властивості, збір, видалення та переробку побутових і комунальних відходів. Розглянуто принципи переробки відходів на сміттєспалювальних та сміттєпереробних заводах. Подано деякі відомості про методи переробки твердих і рідких суднових відходів, зокрема про судові сміттєспалювальні печі.

Призначено для студентів спеціальності 7.090520 "Холодильні машини та установки", а також може бути корисним студентам інших спеціальностей та фахівцям, які цікавляться цією проблемою.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Н.С. Бондаренко

ВСТУП

Приблизно 500 років до Нової ери в Афінах був виданий перший відомий указ, який забороняв викидання сміття на вулиці та передбачав організацію спеціальних звалищ на відстані милі від міста. Подібно багатьом грецьким винаходам, така практика видалення відходів була забута у середні віки. Мешканці міст продовжували викидати сміття через вікна до 14 століття.

Через поступову урбанізацію ця негативна практика призвела до сміттевої кризи, пов'язаної з поширенням звалищ у містах та навколо них, де росповсюджувалися хробаки, виникали сприятливі умови для появи епідемій, а неприємні запахи робили життя у містах нестерпним.

Поступово звалища замінили на ями, де закопували сміття, але цей засіб у густонаселених місцях Європи був замінений спалюванням, тому що потребував великих територій та призводив до забруднення підземних вод.

Зараз у розвинених країнах проблема переробки відходів, зокрема побутових, є дуже гострою. На її вирішення виділяють сотні мільярдів доларів.

1. ПОБУТОВІ ВІДХОДИ

Щорічно в Україні складається 1,5 млрд т твердих відходів (промислових і побутових). Усього в країні їх зібралось близько 30 млрд т. Смітники відходів займають більше 150 тис. га. Відносний обсяг промислових відходів в Україні в 6,5 разів вищий, ніж у США й у 3,2 рази вищий, ніж у країнах ЄЕС.

Проблема відходів – це проблема великих міст, і чим більше місто, тим ця проблема гостріша.

Відходи – це не використовувані для виробництва даної продукції окремі компоненти сировини або виникаючі в ході технологічних процесів речовини й енергія, що не піддаються утилізації у даному виробництві. Відходи одного виробництва можуть служити сировиною для іншого.

Тверді побутові відходи (ТПВ) – непридатні для подальшого використання харчові продукти й предмети побуту, що викидаються людиною.

1.1. Проблеми переробки побутових відходів

Кількість побутового сміття, що припадає на одну людину в рік, складає: у Росії – 225...250 кг, у Бельгії, Німеччині, Великобританії, Данії, Італії, Швеції, Нідерландах, Японії – 340...440 кг, в Австрії та Фінляндії – до 620 кг, у США – більше 720 кг [2,3], а на пасажирських і круїзних суднах вона, як і кількість побутового сміття, що припадає на одного жителя великих промислових міст, досягає 1 т/рік.

Типові складові побутового сміття представлені у %: харчові відходи – 27,5...43,5; папір – 28,3...36,0; шкіра, гума – 1,5...5,1; пластмаса – 2,6...6,0; метали – 4,0...5,0; скло – 3,3...5,5; кістки – до 1,7; деревина, листя – до 4,1; кераміка, каміння – до 1,2; текстиль – до 5,1. Добова норма води для однієї людини на господарсько-побутові потреби в середньому становить 0,4 м³. Кількість побутових відходів щорічно збільшується на 5...6 %.

Закордонні фахівці роблять ставку на сміттєспалювальні установки, що не тільки спалюють відходи, але і переробляють виділюване при цьому тепло в енергію. Проте, у більшості країн вироблення й утилізація теплової та електричної енергії розглядається усього лише як доповнення до знешкодження відходів. У цьо-

му зв'язку особливої уваги заслуговує концепція "енергетичного балансу", запропонована робочою групою Всесвітньої енергетичної ради: отримана енергія повинна покривати енергетичні витрати на саму переробку сміття. Тому вибір технології найчастіше визначається балансом виробленої і спожитої енергії. Найбільший ефект дають комплексні технології (утилізація матеріалів і спалювання) або безпосереднє спалювання непідготовлених відходів із похованням неорганічних залишків (рис. 1, 2) [2,3].

Рис. 1. Співвідношення засобів переробки побутових відходів США за останні 30...35 років:

1 – спалювання без утилізації тепла;
2 – звалища; 3 – спалювання з утилізацією матеріалів із ТПВ; 4 – спалювання з утилізацією тепла

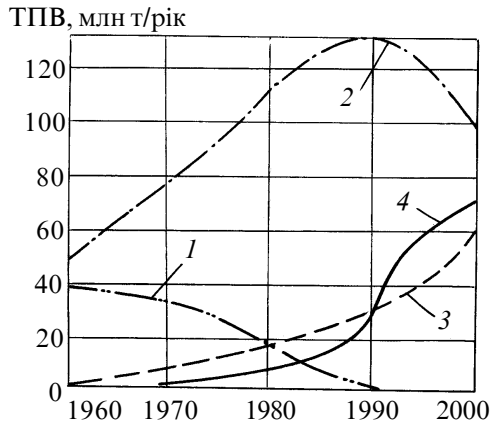
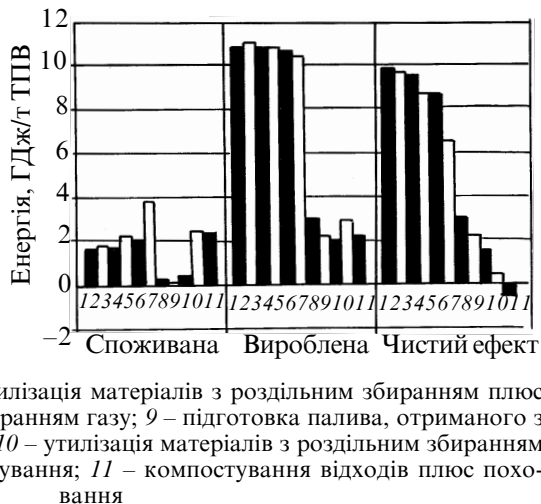


Рис. 2. Ефективність технологій переробки побутових відходів, які використовуються в США:

1 – утилізація плюс спалювання; 2 – спалювання непідготовлених відходів; 3 – утилізація матеріалів з роздільним збиранням плюс спалювання; 4 – безпосереднє спалювання палива, отриманого з відходів; 5 – утилізація матеріалів з різним збиранням плюс компостування; 6 – утилізація відходів з роздільним збиранням плюс спалювання плюс компостування; 7 – утилізація матеріалів з роздільним збиранням плюс поховання; 8 – поховання зі збиранням газу; 9 – підготовка палива, отриманого з відходів, плюс компостування; 10 – утилізація матеріалів з роздільним збиранням плюс поховання плюс компостування; 11 – компостування відходів плюс поховання



Вважається, що вже найближчим часом спалювання з виробленням електричної енергії буде основним способом переробки відходів. У майбутньому сміттєспалювальні енергетичні установки, швидше за все, ввійдуть в інтегровану систему керування відходами разом з підприємствами з утилізації і вторинного використання деяких матеріалів (скла, металу, паперу і т. ін.).

Класифікація відходів може бути проведена за наступними ознаками:

- за фізичним станом матеріалу: тверді, рідкі, газоподібні;
- за можливістю регенерації або багаторазового використання матеріалу: регенований, нерегенований, прямого повторного використання;
- за терміновістю переробки (або ступенем впливу на людину): стабільні відходи; відходи, потенційно піддані біорозкладу (в автоклаві – реакторі); але стабільні в сухому стані; відходи, гниття яких починається негайно; токсичні відходи.

Обробка і переробка відходів необхідна з таких причин:

- усунення неприємних або токсичних запахів і газів;
- запобігання забрудненню навколишнього середовища в екосистемі "людина – житло (судно) – навколишнє середовище";
- виключення небезпеки для здоров'я населення (екіпажу) від безпосередньої інфекції або додаткової мікробної зараженості, запобігання захворюванням людей;
- забезпечення збереження відходів у компактній і стабільній формі;

збір вихідних матеріалів у місці для проведення наступного повторного використання або регенерації основних елементів;

мінімізація накопичених залишкових обсягів відходів.

Важливими факторами, що визначають технологічний підхід до переробки відходів, є такі:

- можливість утворення токсичних або згораючих сполук у випадку, якщо відбудеться неконтрольоване розкладання цих відходів;
- фізична або хімічна нестабільність вологих органічних відходів;
- кількість регенованих відходів, що переробляються;
- підвищення небезпеки різних шкідливих ефектів зі збільшенням вмісту води.

Таким чином, система переробки відходів, що відповідає викладеним вище вимогам, повинна складатися з підсистем, що забезпечують наступні функції:

1) збір і транспортування відходів з місць їхнього утворення і складування;

2) сортування відходів за окремими видами з метою зведення до мінімуму взаємного забруднення й утворення домішок;

3) стабілізація для забезпечення тривалого збереження і контрольованого добору для переробки;

4) переробка компонентів для наступного використання.

Стадії 1, 2, 3 є необхідними для безпечного функціонування будь-якої системи, стадія 4 стає особливо важливою при збільшенні автономності плавання. Стадія 2 дозволяє зменшити кількість матеріалу, що піддається подальшій більш складній переробці. Часовий інтервал, за межами якого виникає проблема утилізації відходів, залежить від поєднання таких факторів, як фізичний стан матеріалу, можливість регенерації і необхідна терміновість його проведення. Для суден з короткочасною тривалістю рейсів або маленькою автономністю плавання адекватною технологією є збір і стабілізація відходів. Методи збору відходів значно впливають на технологію їхньої наступної переробки, у тому числі й у стаціонарних умовах на березі. Наприклад, тверді відходи набагато легше зберігати й обробляти, ніж рідкі, тому необхідно запобігати змішанню рідких і твердих відходів.

Проведення промивання використаних металевих і пластикових контейнерів дозволяє стабілізувати цей вид відходів і компактувати їх у вигляді брикетів.

Гази займають великий обсяг або вимагають спалювання, тому варто віддати перевагу тим процесам, у яких гази виробляються в мінімальній кількості або вони утримуються у вигляді розчинів.

Для твердих матеріалів рекомендуються такі стабілізаційні методи, як ущільнення та збереження в сухому вигляді, сушіння, заморожування й охолодження, для рідких відходів – травлення металоутримуючими сполуками, окиснення перекисом водню або сріблом II (електрохімічне спалювання).

Якщо відсутні вимоги терміновості реалізації операцій розподілу, фракціонування, нагрівання та сушіння, повинні застосо-

уватися найпростіші методи з широким діапазоном виду оброблюваних матеріалів.

Стабільність і компактність матеріалів зменшується при наступному напрямку перетворень: сухі тверді → вологі суспензії → → рідини і розчини → гази. Отже, будь-який процес, що зрушує фізичний стан за цим ланцюжком вправо, зменшує стабільність, і прийнятний лише як тимчасовий етап, пов'язаний з подальшими перетвореннями в більш компактні та стабільні форми.

Основним критерієм обґрунтування концепції побудови комплексу санітарно-побутового устаткування є прагнення домогтися максимальної екологічної чистоти середовища проживання та найбільш повного задоволення фізіологічних потреб людини.

Загальна концепція системи для безпечної обробки відходів полягає в ретельному контролі та розподілі відходів у місці їхнього виникнення і стабілізації біологічних відходів методами, адекватними тривалості рейсу (автономного плавання).

Для реалізації такої концепції обробки та переробки відходів необхідні наступні технологічні етапи і відповідні системи:

- система розподілу й індексації відходів, у якій відходи можуть бути швидко розподілені по категоріях, визначені їхні характеристики та прийняті рішення про найбільш доцільну технологію обробки;

- трансферна система для збирання відходів водної категорії в герметичних ємностях. Вона повинна мати модульну конструкцію для більшої технологічної гнучкості, полегшення з'єднання і роз'єднання модулів у технологічні лінії без ризику витікання робочого середовища;

- система стабілізації відходів, особливо твердих і рідких, підданих біодеградації;

- система контролю для спостереження за повнотою стабілізації відходів і збереження стабільного стану;

- використання методів, що забезпечують зменшення обсягів, зайнятих стабілізованими твердими відходами;

- використання методів, що зменшують обсяг рідких відходів, наприклад, регенерації води;

- використання методів регенерації (рециркуляції) повторно використовуваних твердих відходів;

- використання методів рециркуляції органічних сполук або

матеріалів, забруднених органікою, що в остаточному підсумку призводить до рециркуляції окремих хімічних елементів.

1.2. Властивості твердих побутових відходів (ТПВ)

У складі ТПВ постійно збільшується вміст паперу, пластмас, фольги, банок, поліетиленових плівок та інших упакувань. Особливо великі сезонні коливання харчових відходів – з 28 % весною до 45 % влітку та восени. Вологість харчових відходів коливається від 60...70 % навесні до 80...85 % влітку і восени. Вологість харчових відходів підприємств суспільного харчування досягає 95 % [2].

З метою збереження і можливості використання харчових відходів їх варто зберігати влітку при $t = 6...7\text{ }^{\circ}\text{C}$ не більше 10 год., узимку – до 30 год. Ємності для збереження харчових відходів необхідно мити 2 % розчином кальцинованої соди або розчином хлорного вапна, що містить 2 % активного хлору.

Фракційний склад. Основна маса ТПВ представлена фракціями до 150 мм (80...90 %) і тільки менше 2 % (баластові домішки) представлені фракціями більше 350 мм.

У табл. 1 наведені середні дані за фракційним складом ТПВ великого міста, з яких видно, що фракційний і морфологічний склад ТПВ взаємозалежний: чим більше в ТПВ харчових відходів, що мають в основному розміри менше 50 мм, тим більше в їхньому складі дрібних фракцій і, навпаки, при збільшенні в складі ТПВ різних упакувань (картон, дерево, пластмаса, сулії та ін.), що має розміри більше 150 мм, значну частку в масі відходів будуть складати великі фракції. У різні сезони року фракційний склад змінюється.

Таблиця 1. Вміст складових ТПВ за фракціями, % від загальної маси

Назва компонентів ТПВ	Величина фракцій, мм				
	350...250	250...150	150...100	100...50	Менше 50
Папір	3...8	9...11	9...11	7...9	2...8
Харчові відходи	–	0...1	2...10	7...13	17...22
Метал	–	0...1	0,5...1,0	0,8...1,6	0,3...0,5
Дерево	0,5...1,0	0...0,5	0...0,5	0,5...1,0	0...0,5
Текстиль	0,2...1,3	1,0...1,5	0,5...1,0	0,3...1,8	0...0,5
Кістки	–	–	–	0,3...0,5	0,5...0,9
Скло	–	0...0,3	0,3...1,0	0,5...1,5	0...0,3

Продовж. табл. 1

Назва компонентів ТПВ	Величина фракцій, мм				
	350...250	250...150	150...100	100...50	Менше 50
Шкіра, гума	–	0...1,0	0,5...2,0	0,5...1,5	0...0,3
Каміння	–	–	0,2...1,0	0,5...1,5	0,5...2,0
Пласмаса	0...0,2	0,3...0,8	0,2...0,5	0,2...0,5	0,2...0,5
Смет та інше	–	0...0,5	0...0,5	0...0,4	7...11,0
Всього	4...10	11...15	18...22	20...30	30...40

Фізичні властивості ТПВ: щільність, зв'язність і зчеплення.

Щільність ТПВ міст України складає в середньому 0,19...0,23 т/м³, вона коливається в залежності від благоустрою житлового фонду і сезонів року. Для упорядкованого житлового фонду щільність ТПВ у весняно-літній сезон складає 0,18...0,22 т/м³, в осінньо-зимовий сезон – 0,20...0,25 т/м³, для неупорядкованого житлового фонду з грубним опаленням – 0,3...0,6 т/м³. Чим більше паперу та різних пластмасових упакувань, тим менша щільність ТПВ. Зі збільшенням вологості щільність ТПВ підвищується. У майбутньому щільність ТПВ великих міст за рахунок збільшення кількості різних упакувань знизиться до величини, близької 0,1 т/м³. У великих містах Європи й Америки щільність ТПВ близька до цього показника.

Зв'язність і зчеплення. Папір і картон, текстиль і пластмасові плівки формують структуру ТПВ і додають їм механічну зв'язність. Липкі та вологі компоненти забезпечують зчеплення. Ці властивості ТПВ сприяють утворенню розводів й зависанню на стінках бункерів і прутах ґрат. Так, через ґрати 30 × 30 см ТПВ самостійно не провалюються, і для їхнього проштовхування вимагаються додаткові зусилля. На стінках бункерів з кутами 65...70° відбуваються налипання і зависання ТПВ. При тривалому збереженні ТПВ злежуються, самоущільнюються і втрачають сипкість.

Компресійні властивості. Для зменшення загального обсягу ТПВ при перевезенні та складуванні на полігонах важливо знати їхні компресійні властивості, тобто вплив тиску на ступінь ущільнення.

Під час пошарового ущільнення на полігонах за питомого тиску, рівного 0,1 МПа, обсяг пухкого ТПВ, вивантаженого зі сміттевоза, зменшується в 3–4 рази.

При перевезенні ТПВ у смітєвозі при питомому тиску, рівному 0,1 МПа, їхній обсяг зменшується в 1,5–3,0 рази.

За підвищення питомого тиску до 0,3...0,5 МПа відбувається ламання різного роду упакувань, пресування паперу та плівок, починається видавлювання вологи. Обсяг ТПВ в залежності від складу та вологості може бути зменшений як мінімум у 5 разів від первісного, отриманого під час збирання в контейнери. Щільність ТПВ може досягати величини, рівної 0,8 т/м³ і більше.

При підвищенні питомого тиску до 10–20 МПа відтискається 80–90 % усієї вологи, що утримується в ТПВ під час збирання. При цьому обсяг ТПВ знижується ще в 2,0–2,5 рази, а щільність підвищується в 1,3–1,7 рази. Спресовані в такий спосіб ТПВ на якийсь час стабілізуються, тому що вмісту вологи в них недостатньо для активної життєдіяльності мікроорганізмів, а доступ кисню через високу щільність утруднений.

За подальшого підвищення питомого тиску до 60 МПа відбувається майже повне відтискання вологи, але обсяг практично вже не змінюється. Мікробіологічне життя в такому матеріалі сповільнюється.

Абразивні та корозійні властивості. Зіскрібання тертьових поверхонь відбувається за рахунок баластових фракцій (металу, битого скла, фаянсу, кісток та ін.). У зв'язку з цим ТПВ мають абразивність і можуть стирати дотичні з ними поверхні, які взаємно переміщуються. При контакті з металами ТПВ мають корозійний вплив, пов'язаний з їх високою вологістю, наявністю у фільтраті розчинів різних солей та кислим середовищем (рН = 5,0...6,5).

Теплотехнічні властивості. Наявність у ТПВ великої кількості органічних речовин обумовлює їхню теплотворну здатність. Питома теплоємність ТПВ визначається за формулою

$$C_{\text{тТПВ}} = 21,9W + 2000 \text{ Дж/(кг·град)},$$

де W – вологість ТПВ, %.

Питома теплоємність основних компонентів ТПВ, Дж/кг·град., така: вода – 4190; дерево, картон, папір – 2000...2500; скло, камінь – 800...1000; залізо – 400; алюміній – 860.

Теплотворна здатність ТПВ також залежить від їхньої щільно-

сті. Так, при зміні щільності від $0,2 \text{ т/м}^3$ до $0,5 \text{ т/м}^3$ теплотворна здатність ТПВ знижується з 2000 до 940 ккал/кг.

Санітарно-бактеріологічні властивості. ТПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, що, розкладаючись, виділяють гнильні запахи та фільтрат. При висиханні продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднюючими мікроорганізмами (від 300 до 15 млрд на 1 г сухої речовини) пил. У результаті відбувається інтенсивне забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод.

У середовищі ТПВ поруч із сапрофітними розвиваються патогенні бактерії – носії різних захворювань. Рознощиками патогенних мікроорганізмів є мухи, пацюки, птахи, бездомні собаки та кішки. Крім патогенних мікроорганізмів, ТПВ містять яйця гельмінтів (глистів). При складуванні ТПВ частина патогенних мікроорганізмів гине вже через кілька днів, тоді як інші їхні види можуть існувати в таких умовах дуже довго. Яйця гельмінтів зберігають свою життєздатність протягом багатьох років. З пилом або фільтратом вони виносяться за межі складування ТПВ і є джерелами забруднення вод і ґрунтового покриву.

Мікроорганізми, що виявляються в ТПВ, є збудниками гепатиту, туберкульозу, дизентерії, аскаридозу, респіраторних, алергійних, шкірних та інших захворювань.

Знезаражування ТПВ здійснюється такими методами: спалювання органіки на сміттєспалювальних заводах, обробка дезінфікуючими розчинами, біологічне знезараження в аеробних (компостування) і в анаеробних (захоронення на полігонах) умовах, глибоке пресування з повним відтисканням фільтрату, капсулування здрібненого ТПВ різними отверджувачами.

Біологічне знезараження ТПВ при захороненні на полігонах. ТПВ перекриваються шаром землі, що припиняє доступ кисню. В анаеробних умовах (за відсутності кисню) розвиваються анаеробні бактерії, що розкладають органічні речовини й вбивають патогенну мікрофлору. Процес розкладання органіки дуже тривалий і вимагає великих площ для складування ТПВ. При цьому можлива утилізація органічних речовин у виді біогазу, що містить до 55...60 % метану.

Біологічне знезараження ТПВ при компостуванні. За наявності вологи та кисню в середовищі ТПВ розвиваються аеробні бактерії. Спочатку розвивається група *мезофільних* аеробних бакте-

рій, що розщеплюють деякі органічні сполуки. При цьому виділяється енергія, що розігрівляє ТПВ до 20...35 °С. Після первісного розігріву в середовищі ТПВ починає активно розвиватися група *термофільних* аеробних бактерій, що здатні розщеплювати більш стійкі органічні сполуки. Енергія, що виділяється, розігрівляє ТПВ до 60 °С і більше. Така температура згубна для патогенних мікроорганізмів (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив температури на патогенні мікроорганізми

Збудники захворювань	Умови виживання		Умови загибелі	
	Середовище	Кількість днів	t , °С	Час, год
Туберкульозу	ТПВ у ґрунті	150...180	55...65	5...60
Тифу	ТПВ	4...115	55...60	5...30
Дизентерії	ТПВ	10...40	55	60
Холери	ТПВ	1	50	60...80

За діючими в Україні санітарними нормами при визначенні бактеріального забруднення ТПВ користуються титрами (титр – вміст чого-небудь й одиниця об'єму) мікроорганізмів, що визначаються за спеціальною методикою. Як тест-об'єкт використовують "колі-титр", тобто кількість клітин кишкової палички, що свідчать про розвиток іншої більш небезпечної патогенної мікрофлори. У країнах Європейського співтовариства як титр використовують фекальний стафілокок.

У табл. 3 наведені дані аеробного знезараження в процесі компостування.

Таблиця 3. Ефект аеробного знезараження в процесі компостування

Мікрофлора	У вихідному ТПВ	У готовому компості
Сальмонели	6000	0...5
Фекальні коліформи (умовні патогени)	$2,7 \cdot 10^7$	8
Загальні коліформи	$4,4 \cdot 10^8$	8

Обсяги ТПВ. Щорічно на нашій планеті утворюється кілька мільярдів кубічних метрів ТПВ. Кількість ТПВ, що утворюються в різних країнах світу на душу населення, складає сотні кілограмів на рік і коливається від 200...300 кг у країнах Скандинавії, до 500...700 кг у США та Канаді. В останні десятиліття спостеріга-

ється стійка тенденція до росту кількості ТПВ, що припадають на душу населення, особливо у великих містах.

Норми накопичення – це кількість ТПВ, що утворюються на розрахункову одиницю (людина для житлового фонду; одне місце в готелі; 1 м² торгової площі для магазинів і складів; одне місце в їдальнях, кафе, ресторанах, кінотеатрах; одна дитина в яслах і дитсадках; один учень в школах, училищах, інститутах і т. д.). До ТПВ, що входять у норму накопичення від населення і видаляються спеціальним автотранспортом, відносяться відходи, що утворюються в житлових будинках і суспільних установах, включаючи відходи від поточного ремонту приміщень, відходи від опалювальних пристроїв, дрібне сміття, листя, що обпало з дерев та збирається з вулиць і територій дворів, і великі предмети домашнього побуту.

Норми накопичення ТПВ утворюються з двох джерел: житлових будинків і суспільних установ (підприємств суспільного харчування, учбових, видовищних установ, готелів, дитячих садків, перукарень та ін.).

На норми нагромадження і склад ТПВ впливають: ступінь добробуту житлового фонду (наявність водопроводу, каналізації, газу, смітєпроводів, системи опалення), кількість поверхів будівель, розвиток суспільного харчування, культура торгівлі, ступінь добробуту населення, кліматичні умови (різна тривалість опалювального сезону), споживання овочів і фруктів.

Для великих міст норми накопичення вищі, ніж для середніх і малих. Орієнтовні норми накопичення ТПВ наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Норми накопичення ТПВ для міст

Об'єкти утворення відходів	Норма для житлових приміщень на одного мешканця*				
	середньодобова		середньорічна		Питома вага
	кг	дм ³	кг	дм ³	
Повністю обладнані будинки без відбору харчових відходів	0,49...0,51	2,12...2,19	190...195	770...820	230...250
Невпорядковані будинки без відбору харчових відходів	0,93	2,57	340	940	360
Будинки приватного сектору з присадибними ділянками	1,50	3,29	550	1200	460

Продовж. табл. 4

Об'єкти утворення відходів	Норма для нежилых приміщень					
	Розрахункова одиниця	середньодобова		середньорічна		Питома вага
		кг	дм ³	кг	дм ³	
Лікарні	Одне ліжко	0,64	2,16	235	0,79	300
Поліклініки	Один візит	0,01	0,05	—	—	200
Готелі	Одне місце	0,25	18	90	0,43	210
Гуртожитки	Те ж	0,26	1,07	96	0,39	250
Санаторії, будинки відпочинку	—"	0,69	2,47	250	0,90	270
Дітячі садки, яслі	Один учень	0,33	1,08	79	0,26	300
Школи	Те ж	0,08	0,38	20	0,10	210
Профучилища	—"	0,42	1,66	100	0,40	250
Вузи чи технікуми	—"	0,10	0,46	24	0,11	220
Театри або кіно	Одне місце	0,06	0,28	20	0,10	200
Установи	Один робітник	0,27	1,18	70	0,30	230
Ресторани	Одна порція	0,09	0,27	—	—	330
Кафе, їдальні	Те ж	0,05	0,17	—	—	300
Промтоварні магазини	1 м ² торг. площі	0,16	0,80	50	0,25	200
Продуктові магазини	Те ж	0,32	1,42	100	0,44	230
Базари	—"	0,09	0,22	33	0,80	400
Склади	1 м ² площі	0,09	0,19	35	0,07	500
Вокзали	Те ж	0,36	1,37	130	0,05	260

^{*)}Для впорядкованих будинків зі сміттєпроводами норма накопичення ТПВ на 15 % вища, ніж для таких самих будинків, тільки без сміттєпроводу.

1.3. Збір, видалення й утилізація ТПВ

Валовий збір. Збір ТПВ без поділу на окремі складові називається валовим збором [2].

Планово-регулярна організація збору і видалення ТПВ передбачає вивіз відходів з домоволодінь із установленою періодичністю. Періодичність видалення ТПВ встановлюється санітарними службами, виходячи з місцевих умов відповідно до діючих правил змісту території населених місць.

У малоповерховій забудові для валового збору ТПВ використовуються бачки ємністю 70 дм³, 110...120 дм³ і 210...220 дм³. В індивідуальній забудові застосовуються бачки меншої ємності,

наприклад, по 35 дм³. До приходу сміттевоза бачки виставляються населенням до проїзної частини.

Бачки виготовляють з листової сталі, алюмінію, пластмас. Кращими є бачки з пластмас. Маса і вартість таких бачків порівняно невисока, термін служби в 2–3 рази більший, ніж сталевих (5...6 років). Пластмасові бачки зручні в експлуатації, мають гарний зовнішній вигляд. Вологі відходи до їхніх стінок не прилипають і не примерзають, що полегшує їхнє миття та дезінфекцію. При використанні пластмасових збірників необхідно вживати протипожежних заходів.

У ряді країн використовують одноразові збірники – паперові, картонні або пластмасові, що виключає операцію перевантаження та мінімізує контакт обслуговуючого персоналу з відходами. Ємність одноразових збірників коливається в межах 70...200 дм³. Такі збірники встановлюються на спеціальні контейнери визначених розмірів, що відповідають завантажувальному пристрою сміттевозів.

У будинках підвищеної поверховості влаштовуються сміттепроводи різної конструкції. Звичайно вони складаються з вертикального стовбура, відводів із приймальними пристроями, камер для збору ТПВ і вентиляційного каналу. Стовбур сміттепроводу являє собою трубу діаметром 40...600 мм, виготовлену з асбоцементу, бетону або сталі з гладкою внутрішньою поверхнею. Сталеві труби повинні мати покриття поглинаєче вібрацію на внутрішній поверхні. Завантажувальні клапани повинні запобігати надходженню газів зі сміттепроводу в закритому положенні, а також забезпечувати захист від шуму. Вхід у сміттезбиральну камеру, розташовану, як правило, у підвалі або на першому поверсі будинку, ізолюється від входу в житло. Клапани виготовляють з листової сталі, покритої антикорозійною фарбою. Камера обладнується водопроводом та каналізацією. Ревізійні отвори для чищення, дезінфекції та дезодорації стовбура сміттепроводів звичайно влаштовують у верхній його частині.

В останні роки розроблені інші способи видалення ТПВ. Для великопанельних багатоповерхових будівель застосовують конструкції блоків, що включають елементи сміттепроводу. У ряді випадків застосовують систему, при якій ТПВ по коридорах на візках доставляють до піднімальних пристроїв, що подають їх до

камер-сміттєзбиральників. Такі системи видалення відходів створюються в медичних установах, готелях, гуртожитках.

Роздільний збір. Роздільна, або селективна, система збору окремих складових ТПВ забезпечує одержання відносно чистих вторинних ресурсів від населення і зменшення кількості відходів, що вивозяться. Ця система вимагає від населення свідомого підходу до видалення ТПВ, збільшення числа обслуговуючого персоналу, тари, спецтранспорту для вивозу кожного виду вторсировини. Ці додаткові витрати цілком окуповуються за рахунок утилізації вторинних ресурсів. В Україні селективний збір ТПВ поки не отримав практичного розвитку.

У США відбір населенням утильних фракцій ТПВ (макулатура, текстиль, пластмаси, пляшки та ін.) виконується за спеціальними програмами, фінансованими і розробленими штатами. Практика роздільного збору ТПВ розвивається й у ряді європейських країн. Звичайно в основу таких технологій покладений принцип збору населенням ТПВ в окремі ємності (контейнери або мішки) для різних видів відходів. Зазначені ємності розташовують як у домашніх умовах, так і в під'їздах або біля будинків. Існують різні модифікації такої технології. Наприклад, у Німеччині накопичений досвід збору ТПВ у два види шухляд – зелені (макулатура, метал, скло, полімери, тканини) та сірі (інші відходи) з вивозом їх на переробку. В останні роки в Німеччині роздільний збір ТПВ виробляється за п'ятьма та більше видами.

Один із варіантів технології селективного збору припускає організацію пересувних установок, що включають кілька видів контейнерів. Рух установок здійснюється за графіком, а населення забезпечене пакетами для окремих складових ТПВ. При цьому здійснюється економічне стимулювання за здані види вторсировини.

Збір і видалення великогабаритних відходів. До великогабаритних відносяться відходи, які по габаритах не поміщаються в стандартні контейнери. У великих містах за рік на кожну людину накопичується до 40 кг великогабаритних ТПВ з питомою масою 0,2 т/м³.

Великогабаритні відходи збирають на спеціальних площадках, розташованих біля житлових будинків. Вивіз їх робиться за графіком або заявкою ЖЕО.

Транспорт для вивозу сміття. Для збору і транспортування ТПВ застосовуються сміщевози місткістю від 6 до 60 м³. Для ущільнення відходів, що транспортуються, використовують преси зворотнo-поступальної дії з системою плит, пристрої у вигляді обертаючого барабана і шнека. Ущільненням досягається зниження обсягу ТПВ в 1,5–2,0 рази.

Сміщеперевантажувальні станції (СПС). На СПС здійснюється вивантаження ТПВ з малих сміщевозів, їхнє ущільнення і наступне завантаження в великовантажні транспортні засоби.

Конструкція СПС залежить від продуктивності й типу використовуваних транспортних засобів. Станіонарні СПС продуктивністю більшою 100 тис. м³/год включають естакаду, на яку вїжджає сміщевоз, і потужні ущільнюючі пристрої (рис. 3). Сміщевози розвантажуються в бункер-накопичувач, з якого відходи надходять в ущільнюючі пристрої. Плита, що ущільнює, робить зворотнo-поступальний рух і запресовує ТПВ у великовантажні транспортні засоби для подальшого перевезення.

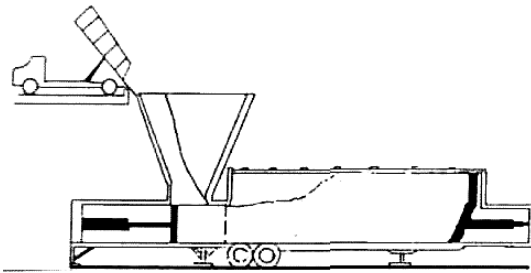


Рис. 3. Схема сміщеперевантажувальної станції

СПС обладнуються дробильними установками, пристроями для пресування ТПВ в тюки або пакети з наступним транспортуванням у спеціальних контейнерах. Для ущільнення ТПВ застосовуються трактори та спеціальні трамбувальники.

1.4. Індивідуальні побутові системи переробки ТПВ

Такі системи засновані, як правило, на роздільній переробці харчових відходів і нехарчового сміття. При цьому харчові відходи, рідкі й тверді, подрібнюються у водному середовищі за допомогою дробильного пристрою і зливаються в каналізацію, а нехарчове сміття пресується в пластикові мішки за допомогою преса, а потім брикети сміття вивозяться звичайним централізованим способом комунального сміщеоочищення.

На рис. 4 подана схема установки побутового подрібнювача харчових відходів фірми "In-Sink-Erator" США, а в табл. 5 – характеристики деяких моделей.

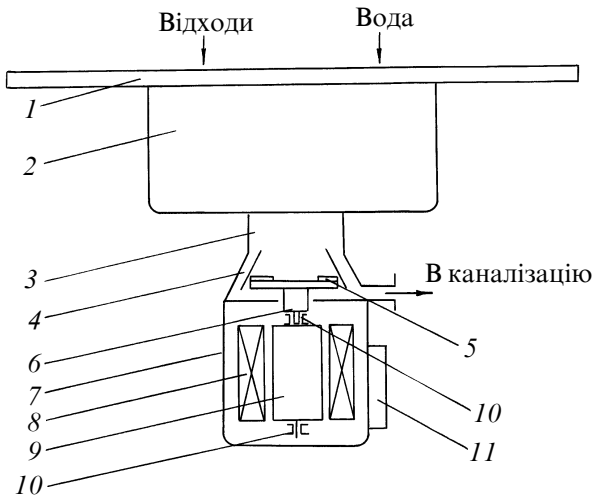


Рис. 4. Схема установки "In-Sink-Erator":

1 – кухонний стіл; 2 – раковина мийки; 3 – горловина; 4 – нерухомий зубчастий циліндр дробильної камери; 5 – дробильний диск; 6 – сальник; 7 – корпус подрібнювача; 8 – статор електродвигуна; 9 – ротор електродвигуна ($n = 1500$ об/хв); 10 – підшипниковий вузол; 11 – блок управління із захистом від перевантаження електродвигуна

Таблиця 5. Характеристики побутових і промислових подрібнювачів харчових відходів фірми "In-Sink-Erator"

Модель	Споживана потужність, кВт	Маса, кг	Об'єм дробильної камери, л	Струм, А	
				1 фаза	3 фази
<i>Побутові:</i>					
45	0,50	7,0	0,98	2,0	—
75	0,65	8,9	1,40	3,0	—
LC-50	0,80	15,9	—2,0	3,7	—
<i>Промислові:</i>					
SS-100	1,0	22,7	2,20	5,1	3,0
SS-200	1,7	29,9	3,0	7,7	5,0
SS-500	4,0	56,2	4,20	—	8,8
SS-1000	8,6	59,4	5,30	—	13,0

Під час подрібнювання в моделі 77 рівень шуму на кухні склав ≈ 70 дБ, а в сусідньому приміщенні – ≈ 32 дБ. Для порівняння: сучасна пральна машина працює з рівнем шуму 35...40 дБ, а в режимі віджимання – 60...80 дБ.

На рис. 5 показана схема побутового преса для нехарчового сміття.

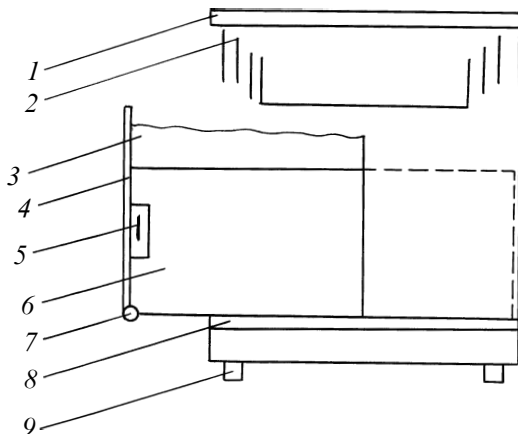


Рис. 5. Схема побутового преса фірми "In-Sink-Erator" для нехарчових відходів з висунутою шухлядою:

1 – кришка столу; 2 – силовий циліндр; 3 – мішок для сміття; 4 – відкидні для виймання брикету дверцят; 5 – защілка фіксації шухляди всередині преса; 6 – шухляда для сміття; 7 – шарнір дверцят; 8 – направляючі для висунування шухляди; 9 – опори, що регулюються

Силовий циліндр зі здвоєним поршнем пресує сміття з силою 2270 кг і перетворює вміст у компактний брикет, поміщений у спеціальний мішок. При цьому, в залежності від типу сміття, його об'єм може зменшуватися більше, ніж у 17 разів. Потужність, споживана пресом, $\approx 0,7$ кВт, місткість мішка – 40 л, маса з упаковкою – 61 кг.

Незважаючи на те, що при змиванні відходів у каналізацію потрібне значне збільшення потужності очисних споруд, цей метод вважається більш економічним у порівнянні зі звичайним способом видалення і знешкодження ТПВ. Такий спосіб видалення відходів існує в одному з найбільших міст США – Чикаго. Все ж таки розглянутий варіант збору і видалення ТПВ є допоміжним і не знімає основних проблем санітарного очищення міст.

Утилізація окремих складових ТПВ. Умовно основні методи знешкодження і переробки ТПВ можна розділити на три групи: утилізаційні, ліквідаційні та змішані. За технологічним принципом розрізняють біологічні, термічні, хімічні, механічні та змішані методи. Найбільше поширення в Україні одержали такі технології знешкодження та переробки ТПВ: складування на полігонах або смітниках (ліквідаційний механічний), спалювання (ліквідаційний термічний), компостування (утилізаційний біологічний).

Утилізація окремих складових ТПВ проводиться шляхом роздільного збору утильних компонентів або механізованими способами з загальної маси. За існуючими санітарними нормами України ручний збір утильних компонентів ТПВ заборонений.

Для механізованого видалення окремих складових ТПВ використовують магнітну, пневматичну, електричну та гідросепарацію. Як допоміжні операції, вживають подрібнення та просіювання відходів. В основному застосовуються сухі способи сепарації – пневматичний і магнітний. Витяг чорного металобрухту здійснюється магнітною сепарацією. Існують підвісні, шківні та барабанні магнітні сепаратори. При взаємодії магнітного поля з ТПВ, наприклад, при їхньому русі по транспортерній стрічці, чорний метал витягається, а потім знімається з магнітів.

Для видалення з ТПВ кольорового металобрухту (≈ 90 % алюмінію, інше – бронза, латунь) перспективний метод електродинамічної сепарації, заснований на використанні силової взаємодії магнітного поля і вихрових струмів, що виникають в електропровідній речовині. В результаті в кольорових металах виникає електрорушійна сила, що переміщає їх в заданому напрямку. Видалення із ТПВ кольорових металів досягає 80 %.

Видалення макулатури здійснюється за допомогою аеросепарації, при якій ТБВ розділяються на легку і важку фракції. У легку фракцію переходить також полімерна плівка й текстиль. Для виділення в самостійний продукт полімерної плівки використовують електросепарацію, просіювання, аеросепарацію, балістичний метод. При цьому використовується розходження в щільності компонентів і їхньої швидкості планування при вільному падінні.

Для відділення текстильних компонентів використовуються пристрої типу барабанних грохотів із захоплювальними елементами, (гаки, штирі вилкового типу).

Для витягання скла використовується балістичний або фло-таційний метод.

В Україні методи комплексного сортування ТПВ з метою видалення основних утильних компонентів на практиці поки не реалізовані. З ТПВ витягають в основному чорний металобрухт і частково папір. Інші утильні фракції практично не видаляються. При використанні видалених утильних фракцій здійснюється їхня мийка, санітарне знешкодження.

1.5. Прибирання міських територій

Прибирання вулиць, площ, внутрішньоквартальних проїздів і територій дворів є важливим заходом з санітарного очищення міст, що забезпечує також захист від забруднення приземних шарів повітря та міських водоймищ. Прибирання дворів, тротуарів і внутрішньоквартальних проїздів виконують працівники ЖЕО.

Для механізованого збирання наносів, що утворюються після дощів, а також снігу, застосовують збиральну техніку, грейдери та інші механізми. Для боротьби з полоєм (намерзлою кригою) при ожеледі або з ущільненим снігом на проїзній частині доріг застосовують піскові суміші та хімічні реагенти: піскосоляну суміш, що складається з 92...97 % піску та 3...8 % хлористого натрію (кухонної солі) або хлористого кальцію, а також суміш, що не злежується, яку отримують при механічному змішанні піску з NaCl і CaCl_2 . Іноді застосовують розчин CaCl_2 , з концентрацією більше 30 %, який наноситься поливними машинами з розрахунку 15...20 г/м² (по сухій речовині). В останні роки з'явилися спеціальні суміші піску із CaCl_2 , інгібовані фосфатами, що дозволяють у 10 разів зменшити витрату реагентів і позбавити шляхи від піску, який накопичується в узбіччях доріг.

Варто мати на увазі, що солі й хімічні реагенти, використані для боротьби з полоєм, роз'їдають взуття, покриття та кузови автомобілів, а з відлигою спрямовуються у міські водостоки й водойми, підвищуючи їхню мінералізацію, засмічують ґрунти й ґрунтові води. Тому застосування їх можливе лише у випадку крайньої необхідності.

1.6. Полігони твердих побутових відходів

Полігони – це природоохоронні спорудження, призначені для

складування ТПВ. Вони забезпечують захист від забруднення атмосфери, ґрунтів, підземних і поверхневих вод та перешкоджають поширенню патогенних мікроорганізмів за межі площадки складування, а також забезпечують знезараження ТПВ біологічним способом. На полігонах можлива утилізація органічних складових ТПВ шляхом вловлювання біогазу.

Термін служби полігона повинен бути не менше 15...20 років. Розміщувати полігони необхідно з урахуванням вимог санітарних норм, з віддаленням від найближчої житлової забудови на відстань не менше 500 м. До полігона повинна бути підведена дорога з твердим покриттям. По всьому периметру площадки, відведеної для полігона, потрібно влаштувати захисну лісосмугу завширшки не менше 20 м. Рівень ґрунтових вод під днищем полігона повинен знаходитися на глибині більше 2 м. Категорично забороняється використовувати під полігони акваторії рік, озер, боліт.

Площа ділянки складування полігона розбивається на черги експлуатації з розрахунку 3...5 років на кожну. У складі першої черги виділяється перший пусковий комплекс з часом складування – 1...2 роки.

Захист від забруднення ґрунтів і ґрунтових вод здійснюється шляхом влаштування спеціального протифільтраційного екрана, покладеного по всьому днищу і бортам полігона, системи перехоплення, відводу й очищення фільтрату, а також системи спостережних свердловин для контролю якості ґрунтових вод.

Захист поверхневих водних об'єктів від забруднення дощовими й талими водами, що стікають з обмеженої лісосмугою території полігона, здійснюється шляхом очищення поверхневого стоку на площадці "біоплато" та відводу транзитних поверхневих вод.

На першій стадії проектування розробляється форпроект полігона, де розглядаються кілька альтернативних варіантів розміщення площадки складування ТПВ, наводяться їхні техніко-економічні показники, на підставі яких вибирається оптимальний.

Проектом полігона визначається його захоронна ємність. У залежності від місця розташування встановлюється тип і конструкція полігона – висотний, яружний, кар'єрний, траншейний (рис. 6).

Характеристика полігонів і технології складування. Теоретич-

на місткість полігона на розрахунковий термін визначається за формулою

$$E_m = (k_2/4k_1)T(\Pi_1 + \Pi_2)(N_1 + N_2),$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує обсяг проміжних і зовнішніх ізолюючих шарів ґрунту; k_1 – коефіцієнт, що враховує ущільнення ТПВ за весь термін служби полігона; T – термін служби полігона, роки; Π_1 і Π_2 – питомі річні норми нагромадження на перший (фактичні дані) і останній роки експлуатації, м³/люд.; N_1 і N_2 – чисельність населення на перший і останній роки експлуатації.

Схема полігона залежить від рельєфу місцевості. На плоских ділянках улаштовуються полігони висотного або траншейного типу.

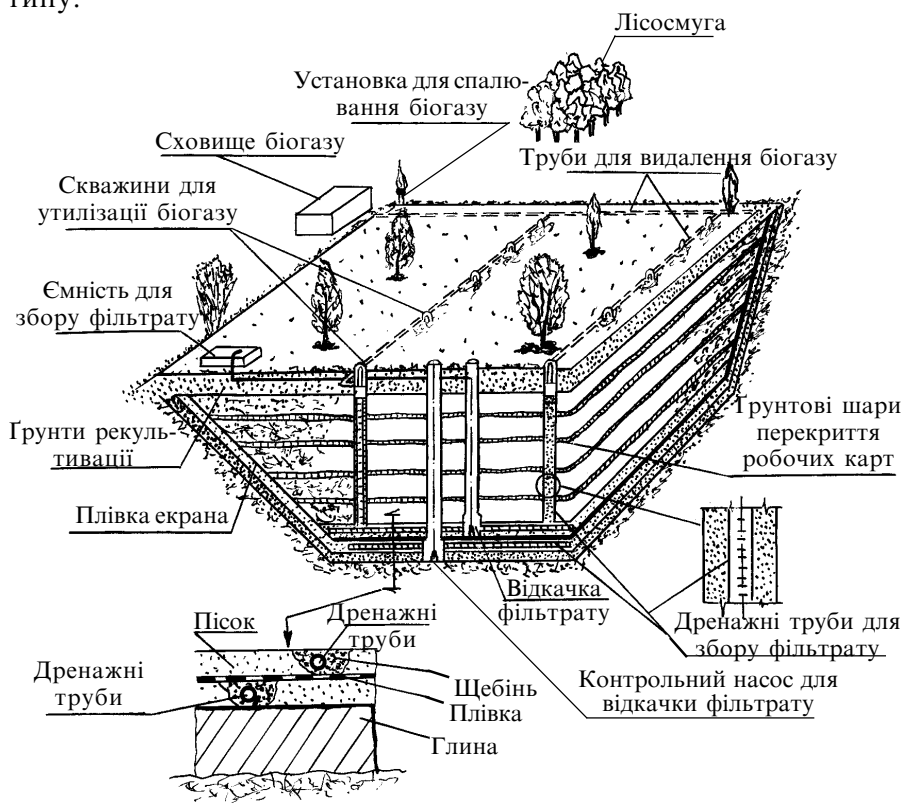


Рис. 6. Схема полігона кар'єрного та яружного типів

Полігон *висотного* типу утворюється шляхом обвалування плоскої ділянки. Висота дамби обвалування визначається з умови закладення укосів 1 : 4 і більше при ширині верхньої площадки дамби, що забезпечує безпечний проїзд сміттевозів і роботу ущільнювальної техніки – катків, бульдозерів.

Ущільнений шар ТПВ висотою 2...3 м ізолюють ґрунтом або іншими інертними матеріалами, наприклад промисловими відходами. Товщина шару проміжної ізоляції – 0,25 м, після ущільнення – 0,15 м. Для забезпечення гідроізоляції дно котловану покривають ущільненим шаром глини. Можливо також як гідроізоляцію використовувати компостовані відходи, що пролежали в буртах не менше року.

Полігони *траншейного* типу створюються на плоских ділянках шляхом прокладки траншей глибиною 3...6 м і шириною поверхні 10...12 м. Ґрунт, отриманий від розробки траншей, використовується для її засипання після заповнення ТПВ. Довжину однієї траншей проєктують з урахуванням приймання ТПВ протягом 1...2 місяців, якщо температура вище 0 °С, а при більш низьких температурах – на весь період промерзання ґрунтів.

Складування ТПВ в *кар'єрах* здійснюється за схемою вирівнювання (до рівня кромки кар'єру) або за висотною схемою з перевищенням рівня кромки кар'єру за рахунок створення дамб обвалування. Передбачається з'їжджання сміттевозів на дно кар'єру і пошарове укладання відходів. Пошарове укладання досягається насунанням знизу нагору або зіштовхуванням зі схилу, утвореного ТПВ. Ущільнення ТПВ здійснюється чотириразовим і більше проходом катка або бульдозера. Щільність ТПВ при цьому підвищується до 0,8...0,9 т/м³. Товщина шару, що ущільнюється, не повинна перевищувати 0,5 м.

Після закінчення експлуатації полігонів їх покривають ізолюючим шаром ґрунту товщиною не менше 1 м відповідно до проєкту рекультивації.

Польове компостування є найбільш простим способом знешкодження і переробки ТПВ. Якщо на полігонах знешкодження протікає протягом 50...100 років, то при польовому компостуванні цей процес відбувається за 6...18 місяців у залежності від кліматичних умов.

Компостування – складний аеробний біологічний процес, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла. Органічні речо-

вини, які легко гниють, розкладаються з утворенням рухливих форм гумінових кислот, добре засвоюваних рослинами. У результаті компостування синтезується гумус, що є основним компонентом ґрунту. В основі одержання компосту лежить процес амоніфікації під впливом аеробних бактерій. У свою чергу, амоніфікація є процесом розкладання органічних сполук ТПВ з виділенням аміаку. Тому при компостуванні ТПВ втрачають до 20 % (за вагою) органічних речовин.

Розкладання органічних речовин ТПВ під дією аеробної мікрофлори вимагає постійного припливу кисню і відводу газоподібних продуктів окислювання, у тому числі вуглекислого газу. Накопичення вуглекислого газу, знижуючи окисний потенціал, може гальмувати процес. Тому в ТПВ повинне підтримуватися визначене співвідношення вуглецю й азоту ($C : N = 25...30$). У процесі компостування можна виділити дві основні фази: I – отримання біопалива, при цьому зниження вмісту органічної речовини складає 5...8 %; II – одержання компосту, при якому зниження ваги органічної речовини складає 20 %.

Компостування ТПВ здійснюється на площадках, розташованих поруч з полігонами.

Найпростіша технологія компостування полягає в складуванні в штабелі, розташовані рівнобіжними рядами з проїздом між ними 3 м. Ширина основи і висота варіюються в залежності від кліматичних умов. Для запобігання розмноженню мух, усунення запахів і зменшення теплообміну між штабелями і повітряним середовищем їх покривають шаром землі або торфу висотою 15...20 см.

У штабелях весняно-літньої закладки в результаті протікання аеробного компостування протягом перших 15...20 днів відбувається саморозігрів штабеля до 60...70 °C, потім протягом 2...4 місяців температура тримається на рівні 40...45 °C, а надалі знижується до 30...35 °C. Через 10 місяців "горіння" температура встановлюється на рівні 14...18 °C і тримається до наступної весни. Тривалість компостування ТПВ в штабелях рекомендується від 12 до 18 місяців. При регулярному перелопачуванні та зволоженні штабелів термін може бути істотно зменшений.

У процесі компостування інтенсивно знижується вологість відходів. Для забезпечення активізації процесу поряд з перелопачуванням і примусовою аерацією матеріал варто зволожувати.

Отриманий компост очищається від баластових фракцій – скла, каміння, металу з використанням установки для механізованого сортування. Установка для механізованого сортування містить магнітний сепаратор, віброгрохот і транспортери.

Іншим варіантом технології польового компостування є попереднє дроблення ТПВ перед укладанням у штабелі, здійснюване за допомогою молоткових дробарок. У цьому випадку вихід компосту збільшується, а кількість відходів знижується.

Санітарне знешкодження ТПВ при компостуванні відбувається в результаті їхнього нагрівання, що забезпечується життєдіяльністю різних мікроорганізмів. У процесі життєдіяльності мікроорганізмів при компостуванні ТПВ на першій стадії відбувається розвиток неспороносних мезофільних мікроорганізмів. Температурний оптимум їхнього розвитку складає 25...30 °С, а з підвищенням температури за рахунок виділення енергії окислювання органічних кислот і білків під впливом мезофільних мікроорганізмів – до 42...50 °С. При цьому створюються умови для розвитку теплолюбних спорових мікроорганізмів – термофілів, а мезофіли починають відмирати. Далі відбувається розвиток термофільних мікроорганізмів. Температурний оптимум їхнього розвитку – 55...60 °С, однак температура компостованого матеріалу продовжує підвищуватися і досягає 65...70 °С, що є згубним для патогенних мікроорганізмів. У результаті забезпечується знешкодження біопалива та компосту. Потім відбувається повільний спад температури при скороченні кількості термофілів, що переходять у споровидний стан; знову розвиваються мезофільні мікроорганізми. Спад температури вказує на те, що рухливі сполуки органічної маси в основному засвоєні. У цій фазі працюють амоніфікуючі мікроорганізми. На завершальному етапі процесу компостування розвиваються целюлозорозкладаючі мікроорганізми.

Для успішного протікання процесу компостування необхідне дотримання таких умов: вологість ТПВ повинна бути не менша 50...60 %; вміст харчових відходів – не менший 25...30 %; відношення С : N у ТПВ – рівне порядку 25...30.

1.7. Сміттєпереробні заводи

Основною задачею сміттєпереробних заводів (СПЗ) є знешкодження ТПВ і переробка знешкоджених компонентів ТПВ для подальшої утилізації.

Як правило, на СПЗ застосовують аеробний метод знешкодження ТПВ (компостування), що може бути доповнений такими технологіями:

вивезення частини ТПВ на полігони (ліквідаційно-біологічний метод);

спалювання частини ТПВ на сміттєспалювальних заводах (ліквідаційно-термічний метод);

спалювання частини ТПВ на СПЗ із використанням отриманого тепла (утилізаційно-термічний метод);

термічна обробка ТПВ без доступу повітря (піроліз) з утилізацією газів й інших продуктів піролізу (утилізаційно-термічний метод).

При використанні зазначених технологій на СПЗ можливе одержання наступних цінних компонентів ТПВ: чорні та кольорові метали, скло, пластмаси, сировина для картонних фабрик, продукти піролізу, тепло й органічні добрива (компост).

Принципова технологічна схема СПЗ наведена на рис. 7.

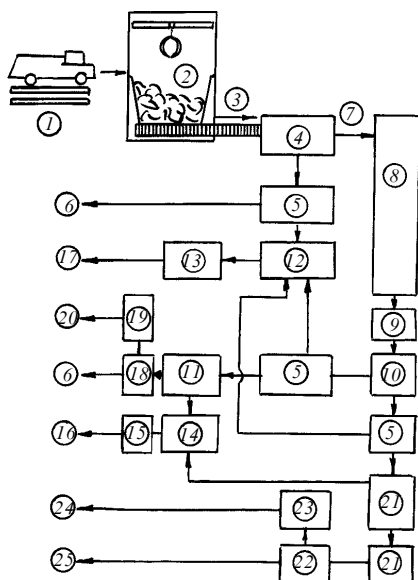


Рис. 7. Технологічна схема заводу для переробки сміття:

1 – зважування сміттєвезів; 2 – приймальний відділ; 3 – пластинчастий живильник; 4 – сепаратор великих (>400 мм) фракцій ТПВ; 5 – сепаратор чорних металів; 6 – видалення великих фракцій на ССЗ або полігон ТПВ; 7 – подача фракцій ТПВ дрібніших 400 мм на біобарабани; 8 – біобарабани; 9 – сушіння компосту; 10 – сепаратор баласту; 11 – сепаратор кольорових металів; 12 – бункер для чорних металів; 13 – прес для брикетування чорних металів; 14 – бункер для кольорових металів; 15 – прес для брикетування кольорових металів; 16 – вторковормет; 17 – вторчормет; 18 – сепаратор скла; 19 – бункер скла; 20 – склоробний завод; 21 – дробарки; 22 – сепаратор дробленої плівки; 23 – бункер дробленої плівки; 24 – завод пластмас; 25 – штабелі дозрівання компосту

ормет; 17 – вторчормет; 18 – сепаратор скла; 19 – бункер скла; 20 – склоробний завод; 21 – дробарки; 22 – сепаратор дробленої плівки; 23 – бункер дробленої плівки; 24 – завод пластмас; 25 – штабелі дозрівання компосту

Переробка ТПВ на СПЗ має ряд основних операцій.

Технологічна підготовка ТПВ. Прибулі на СПЗ сміттевози зважуються та направляються в приймальне відділення, що являє собою закрите приміщення з таким обладнанням:

- ворота з гумовими ущільнювачами для захисту навколишнього середовища від пилу, мух, пацюків і запахів; після розвантаження сміттевозу ворота закриваються;

- приймальні бункери (2–3 робітники, один резервний) для забезпечення безперервної подачі ТПВ в подальші технологічні процеси при нерівномірному розвантаженні сміттевозів;

- мостовий кран із грейфером, що забезпечує перевантаження ТПВ з бункера в бункер, а також видалення негабаритних включень з бункерів;

- системи пожежогасіння й освітлення;

- система вологого пиленодавлення та водопровід для мийки і дезінфекції бункерів;

- система примусової витяжної вентиляції, що забезпечує негативний тиск у приймальному відділенні;

- рами або пости під'їздів, що забезпечують безпечне розвантаження сміттевозів;

- система безперервного видалення ТПВ з робочих бункерів (пластинчасті живильники, встановлені в днища бункерів), що забезпечує безперервність подачі ТПВ і дозування;

- система відділення великогабаритних фракцій, що не піддаються компостуванню (вироби розміром більше 400 мм із дерева, картону, пластмаси та гілки, текстиль і металобрухт). Великогабаритні фракції ТПВ після сепарації на грохотах і витягання чорних металів відвозяться на полігон або сміттєспалювальний завод, тому що велика частина великих фракцій представлена виробами з дерева, картону й текстилю.

Знезаражування ТПВ в біотермічних барабанах. Після сепарації ТПВ подаються в обертові біотермічні барабани (діаметр більше 4 м, довжина – 40...60 м), де протягом 2–3 днів відбувається їхнє компостування. Температура в барабані досягає 60...75 °С, що забезпечує знезаражування оброблюваних відходів від патогенної мікрофлори. Прискорений біотермічний процес на початковій стадії компостування здійснюється за рахунок перемішування ТПВ при обертанні барабана (не менше 1000 обертів за добу), вдування

повітря (до 0,8 м³ повітря на 1 кг ТПВ), підтримки оптимальної вологості ТПВ (45...60 %) і теплоізоляції стінок біобарабану.

Поряд з температурою згубний вплив на патогенну мікрофлору роблять антибіотики, які виробляються мезофільною мікрофлорою. Самі ТПВ завжди містять достатню кількість різноманітної мікрофлори, необхідної для біотермічних і знезаражуючих процесів.

Обов'язковою умовою знезаражування ТПВ є їхня витримка (не менше 12 годин) при температурі, згубній для патогенної мікрофлори. Цей процес у залежності від складу та величини ТПВ регулюється терміном перебування ТПВ в біобарабані, швидкістю обертання барабана, обсягом повітря, що вдмухується та ін.

У біобарабанах за 2...3 доби встигають завершитися перша та друга фази компостування, тобто розігрів ТПВ спочатку до температури 30...35 °С мезофільною мікрофлорою, а потім – до температури 60...70 °С термофільною мікрофлорою, а також, що є головним, знезаражування ТПВ. Завершення другої фази компостування і третя її фаза вже проходять за межами СПЗ на площадках компостування, де ТПВ витримується до 1,0...1,5 років. Однак увесь процес подальшої механічної переробки ТПВ на СПЗ проводиться зі знезараженими ТПВ.

Після обробки ТПВ в біобарабанах змінюється їхній фракційний склад: фракції менші 20 мм вже складають 60...70 %, фракції 20...60 мм – 14...18 %; фракції 60...300 мм – 15...20 % і фракції 300...400 мм – 1...2 %, тобто спостерігається істотне здрібнювання ТПВ. Щільність змінюється від 160...230 кг/м³ перед обробкою біобарабаном до 700 кг/м³ після її проходження.

Контрольне сортування знезаражених ТПВ проводиться для очищення компосту від великих фракцій, які не компостуються. Сортування здійснюється на сепараторах (барабаних грохотах) безперервної дії з постійним завантаженням і розвантаженням ТПВ. Барабанні грохоти мають діаметр 2 м і більше, довжину – близько 4...5 м, в циліндричній поверхні – отвори. Код сепарації – розміри отворів у стінках барабана, через які просипаються дрібні фракції ТПВ. Великі фракції, що уловлюються сепаратором, розвантажуються в торці сепаратора. Продуктивність сепаратора залежить від швидкості обертання барабана. Так, при малих швидкостях обертання спостерігається перекочування ТПВ без відриву від вну-

30

трішньої стінки барабана; при великих швидкостях спостерігається "прилипання" ТПВ до внутрішньої стінки барабана за рахунок відцентрових сил. При оптимальній швидкості обертання (10...15 об/хв) відбуваються деяке підймання компостованих ТПВ, відрив і падіння. У такому режимі досягається максимальна продуктивність сепаратора. Крім цього, відбувається дроблення ТПВ, що також має чимале значення.

Видалення чорних металів. Чорні метали видаляються з ТПВ у трьох вузлах технологічної лінії, а саме:

до біобарабанів, після сепарації, що видаляє найбільші фракції (більше 400 мм). На цьому етапі з ТПВ витягається до 50...60 % усього металу, що потрапив у ТПВ, це відносно чистий метал, який легко пакується;

після біобарабанів, після сепараторів, що звільняють компост від великих включень (250...400 мм), відбувається уловлювання чорних металів з потоку великих фракцій (більше 250 мм);

після біобарабанів, після сепараторів здійснюється уловлювання чорних металів з потоку дрібних фракцій компосту (дрібніше 250 мм).

На сучасному рівні розвитку утилізаційних технологій можна витягати 90...95 % усього чорного металу, що входить у морфологічний склад ТПВ. Чорні метали видаляються з ТПВ за допомогою підвісних електромагнітів, розташованих над конвеєрною лінією, що переміщає ТПВ. Код сепарації – напруженість магнітного поля. Наприклад, при напрузі 20 кА/м із ТПВ витягаються тільки порожні бляшані банки; при напрузі 40 кА/м – бляшані банки, частково заповнені водою або брудом; при напрузі 60 кА/м – усі, навіть цілком заповнені, бляшані банки. Витягання металів залежить також від швидкості просування стрічки конвеєра, висоти розміщення електромагніта над стрічкою і товщини шару ТПВ на стрічці.

Видалення кольорових металів. Звичайно ТПВ містять до 0,2...0,3 % кольорових металів, фракційний склад цих включень – менше 250 мм. Витягання кольорових металів робиться після видалення чорних металів на етапі після біобарабанів і сепараторів у потоці незараженого ТПВ, що має фракції менші 250 мм. Для витягання кольорових металів під стрічкою конвеєра, що транспортує компост до сепараторів дрібного баласту (скло, кі-

стки, каміння, шматки пластмаси, взуття й інші включення, що пройшли через осередок сепаратора 250 мм), установлюється багатofазний індукторний електропристрій, що створює рушійне електромагнітне поле. Це змінне магнітне поле наводить на шматки кольорових металів електрорушійну силу, вектор якої спрямований перпендикулярно осі рухаючої стрічки із ТПВ. При проходженні стрічки транспортера над сепаратором кольорових металів під дією рушійного електромагнітного поля шматки кольорових металів переміщуються до краю стрічки і у результаті скидаються зі стрічки транспортера. Код сепарації – напруженість електромагнітного поля.

Видалення баластових включень, менших 250 мм. Видалення баласту з компосту можливе двома способами: балістичним і пневматичним.

Перший – *балістичний спосіб* – здійснюється таким чином. Розганяють стрічку конвеєра, на якій лежить компост, і різко змінюють напрямок руху стрічки. Компост по інерції летить у тому ж напрямку та зіштовхується з вертикальною відбиваючою стінкою, установленою на шляху польоту компосту під кутом 35...50° до вертикальної площини руху. Вдаряючись об стінку, компост падає в підставлений контейнер. Код сепарації – пружність складового компосту. Найдалі відскакують пружні матеріали.

Другий – *пневматичний спосіб* – здійснюють таким чином. У шахту вертикального металевго короба звалюють компост, що містить баласт. Зустрічний потік повітря підхоплює легкі невеликі фракції компосту і несе їх у гідроциклон, де концентрується збагачуваний матеріал. Більш важкі фракції баласту переборюють опір вертикального повітряного потоку і звалюються в збірний контейнер, встановлений біля основи вертикальної шахти.

Код сепарації при цьому способі – це швидкість планування, тобто та швидкість, при якій повітряний потік здатний переносити включення різної величини. Задаючи в батареї таких сепараторів різні швидкості витання, можна відбирати баласт різних розмірів і ваги.

Видалення здрібненої плівки з компосту. Після видалення баласту компост подрібнюють (розмір частин більше 10 мм) і направляють у спеціальну камеру, де, підхоплений сильним струменем повітря, він підкидається вгору й осідає на горизонтальну стрічку контейнера, що рухається на дні камери. Першими падають найважчі фракції, останніми – пластинки пластмасової плівки, роз-

дробленої до розмірів менше 1 см². Код сепарації – гідравлічна величина фракцій компосту. У результаті на стрічці, що рухається, утворюються два шари: нижній, що складається з важких фракцій компосту, і верхній, що складається з легких фракцій, представлених в основному шматочками плівки.

Наприкінці руху конвеєрної стрічки встановлений усмоктувальний "пилосос", що втягує легку плівку. "Важкий" компост, позбавлений плівки на 65...70 %, скидається в приймальні контейнери і вивозиться на площадки в штабелі дозрівання компосту. У цих штабелях завершується його дозрівання і компост стає цінним органічним добривом.

1.8. Сміттєспалювальні заводи

Знешкодження ТПВ на сміттєспалювальних заводах (ССЗ) одержало широкий розвиток у світовій практиці. Такі країни, як Данія, Швейцарія та Японія, спалюють близько 70 % своїх ТПВ; Німеччина, Нідерланди та Франція – близько 40 %. Потужності ССЗ у Європі й Америці продовжують рости.

Технологічна схема ССЗ представлена на рис. 8.

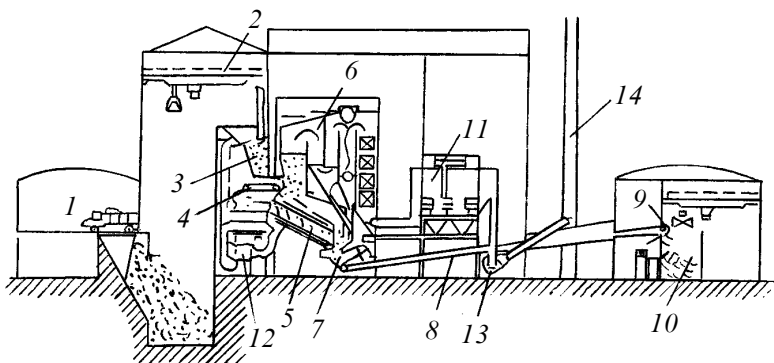


Рис 8. Технологічна схема сміттєспалювального заводу:

1 – приймальний відділ з бункером для прийому ТПВ; 2 – мостовий кран з грейфером; 3 – приймальний бункер котлоагрегату; 4 – живильник топки; 5 – колосникові ґрати сміттєспалювального агрегату з топочним пристроєм; 6 – котел-утилізатор пари; 7 – гасильна ванна із зішкрібальним пристроєм для видалення шлаку; 8 – шлаковий конвеєр; 9 – електромагнітний сепаратор для видалення чорних металів; 10 – заводська система тимчасового складування та видалення шлаку; 11 – система фільтрів і циклонів для очищення газів; 12 – тягопродувний пристрій з вентиляторами для подачі повітря; 13 – димососи; 14 – димова труба

ТПВ через завантажувальний пристрій надходять на живильник колосникових ґрат. Товщина шару ТПВ на ґратах більша 1 м. Ширина ґрат – 3 м, кут нахилу – 26° . Ґрати являють собою систему послідовних рухливих і нерухомих колосників. Рухливі колосники роблять зворотно-поступальний рух. З кожним ходом колосників під шар ТПВ, що надходять згори, вводиться порція (до 30 %) палаючих відходів. У такий спосіб створюються вогнища нижнього запалювання, і шар ТПВ, що надходить із приймального бункера, перемішується, розпушується та займається.

Для запалювання ТПВ на колосникових ґратах використовуються пускові запальники. При русі ТПВ по ґратах через них знижу надходить повітря і завдяки наявності палаючих відходів у нижньому шарі підтримується автотермічний процес горіння.

Топка зблокована з котлом-утилізатором, до поверхні нагрівання якого надходять топкові гази. Казан виробляє пару, що є товарним продуктом і може використовуватися для опалення прилеглих районів або технологічних потреб. При горінні ТПВ димові гази, які утворюються, надходять для очищення в систему фільтрів, після чого викидаються за допомогою димососу в димар. Шлаки від спалювання ТПВ відділяються скребками в гасильну ванну, після чого по транспортеру подаються на молоткову дробарку. Зі шлаків електромагнітним сепаратором витягається чорний метал.

ССЗ займають порівняно невеликі площі від 2 до 5 га. Їхнє застосування виправдане в тих випадках, коли полігони ТПВ розташовані на значному віддаленні від міста. Однак спалювання ТПВ пов'язане зі значними викидами в атмосферу і складністю їхнього очищення. При низькотемпературному спалюванні ТПВ (нижче 1000°C) імовірність утворення високотоксичних газів збільшується. Не вирішені питання використання шлаків і золи, що є крупнотонажними відходами. При спалюванні утворюються 10...15 % золошлаків від ваги відходів, які надходять на ССЗ.

Розроблено різні технологічні схеми ССЗ. В останні роки в ряді країн йдуть інтенсивні промислові дослідження в напрямку термічної переробки ТПВ без доступу повітря до температур $500\text{...}600^\circ\text{C}$ (низькотемпературний піроліз) і вище 1100°C (високотемпературний піроліз). Створено дослідні і дослідно-промислові установки різної продуктивності.

Важлива відмінність технології піролізу ТПВ полягає в тому, що газоподібні продукти, які утворюються, – пар і паливний газ – можна розділити і використовувати в самому процесі термічної обробки ТПВ або поза ним. При цьому викидання газоподібних продуктів в атмосферу різко знижується. При піролізі утворюються продукти, що можуть знайти застосування в господарській діяльності: газоподібне паливо ($\approx 30\ldots 40\%$), твердий вуглистый залишок ($\approx 30\ldots 40\%$) і смола ($\approx 20\ldots 30\%$). Як побічний продукт утворюється підсмолена вода.

Твердий вуглистый залишок (пірокарбон), у якому вміст вуглецю складає $30\ldots 40\%$, використовується як заміник низькосортних графітів, заповнювач в асфальтобетонних сумішах, низькосортне паливо, сорбент. Смола – як паливо, що є складником асфальтобетонних сумішей, сировина для витягу хіміз'єднань. Підсмолена вода – як антисептичний засіб, зокрема для просочення шпал.

Відомі три типи установок з піролізу ТПВ: горизонтальні (барабанного типу), вертикальні (шахтового типу) та змішані. Наприклад, на заводі з переробки ТПВ в Санкт-Петербурзі створена й успішно експлуатується установка барабанного типу з піролізу некомпостованих ТПВ продуктивністю 30 тис. т відходів у рік. Установка складається з двох обертових барабанів – сушильного та піролізного. Сушильний барабан розташований над піролізним. Кожен барабан оснащений топкою. Некомпостовані ТПВ надходять через завантажувальний пристрій у сушильний барабан. При обертанні відходи просуваються до кінця барабана й одночасно просушуються (температура ТПВ на виході – $150\text{ }^{\circ}\text{C}$). Через пересипний пристрій відходи надходять у піролізний барабан, де здійснюється їхнє пряме нагрівання до $500\ldots 600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Димові гази в сушильному барабані рухаються прямотечією відносно ТПВ, у піролізному – протитечією. Гази, що утворюються в сушильному барабані й містять воду, через систему очисних пристроїв викидаються в атмосферу. Гази з піролізного барабана подаються в сушильний барабан і спалюються, виконуючи роль додаткового палива. Перед подачею в сушильний барабан піролізні гази проходять мокре очищення, у процесі якого виділяється смола й утворюється підсмолена вода. Твердий вуглистый залишок з піролізного барабана надходить у пристрій для охолодження, а потім у дробильно-фасувальне відділення. Піролізна установка

працює в комплексі з заводом, що переробляє ТПВ в компост. При цьому частина відходів ($\approx 30\%$) не компостується (гума, шкіра, текстиль та ін.), й обробка їх у піролізній установці дозволяє максимально вирішувати задачу безвідходної технології переробки ТПВ.

У стадії розробки знаходяться піролізні установки барабанного типу, в яких нагрівання відходів у піролізному барабані здійснюється побічно (через стінки барабана). Це дозволить у процесі піролізу одержувати більш калорійний газ, не змішаний з димовими газами.

До недоліків існуючих піролізних установок варто віднести малу продуктивність, недосконалу систему очищення газоподібних продуктів, а також нерозв'язаність питань повної утилізації продуктів піролізу. Упровадження піролізних установок дозволить створити безвідхідні технології переробки ТПВ, у тому числі для малих міст, де будівництво великих сміттєпереробних комплексів нерентабельне.

2. СУДНОВІ ВІДХОДИ

У процесі життєдіяльності людей виробляються органічні та неорганічні відходи, причому способи їхньої обробки і переробки можуть бути різними. Для вироблення загальних принципів і підходів у питаннях складування, первинної обробки, стабілізації і наступної переробки відходів на борту судна необхідно враховувати такі параметри, як тривалість рейсу або автономність плавання, склад екіпажу, тип суднової енергетичної установки (СЕУ) та ін. Але в будь-якій концепції відходи не можна цілком виключити, можуть бути змінені тільки фізичні форми визначеної їхньої частини. Системи або пристрої переробки відходів ускладнюються зі збільшенням тривалості рейсу; їхніми задачами стає вже не збір, стабілізація та збереження відходів, а регенерація води, вуглецю й окремих елементів; вони функціонують уже як частина комплексу засобів життєзабезпечення й придатності судна для життя. Частина сміття, що утворюється в процесі життєдіяльності й роботи екіпажу, є стабільною субстанцією та не вимагає регенерації. До цієї категорії відноситься ряд металевих, керамічних і твердих полімерних матеріалів. Однак значна частина від-

ходів складається з матеріалів неорганічного або органічного походження, що можуть бути піддані розкладанню різними біологічними або іншими методами.

Продукти життєдіяльності екіпажу є головним джерелом органічних відходів, підданих біологічному розкладанню, і одночасно служать джерелом мікроорганізмів, багато з яких здатні впливати на ці відходи. Крім того, на поверхні відсіків, приміщень і устаткування завжди є значна кількість спор, вегетативних кліток та іншої мікрофлори, що неминуче буде впливати на відходи органічного походження. Зі збільшенням вмісту води в органічних відходах збільшується небезпека різних шкідливих ефектів.

2.1. Аналіз технологічних схем обробки твердих суднових відходів

У роботі [1] розглянуто шість можливих варіантів переробки суднових відходів і проведений їхній порівняльний техніко-економічний аналіз.

Контейнерна схема (ємність контейнера 0,75 м³). Відходи завантажуються в стандартні контейнери ємністю 0,75 м³, якими комплектуються сміттєвози типу М-30. Після заповнення контейнера відходи ущільнюються за допомогою преса у два рази і зберігаються на судні в спеціальному приміщенні до їхнього вивантаження в порту або на спеціальне судно. У порту за допомогою крана контейнери перевантажуються на сміттєвози М-30, що доставляють відходи в місця їхнього знешкодження або переробки.

Контейнерна схема (ємність контейнера 6...10 м³). Через завантажувальний бункер відходи подаються в завантажувальну камеру преса. Плита, що штовхає, пресує відходи у великовантажний контейнер ємністю 6...10 м³ зі ступенем ущільнення в 2,5 рази. Заповнений контейнер закривається і за допомогою крана подається до місця його збереження на судні. У порту контейнер перевантажується на сміттєвози типу СА-3, СА-4 і транспортується до місця переробки сміття та його поховання.

Технологічною особливістю даної контейнерної системи є те, що вона не застосовується при спільному зборі харчових і побутових відходів. Обмеження ущільнення ($K_{\text{ущ}} = 2,5$) викликане необхідністю забезпечити безперешкодне розвантаження контейнера на спорудження зі знешкодження відходів, тому що контейнер

не має плити, що виштовхує, а сміттєвози СА-3 і СА-4 працюють як самоскиди.

Контейнерна схема задовольняє санітарно-гігієнічні вимоги.

Брикетування без дроблення й ізоляції. Відходи через завантажувальний бункер подаються в завантажувальний ківш преса типу БА 1330 або Б 132. Ступінь ущільнення відходів – 5–6 разів (можливо до 8) у залежності від складу відходів. Зпресовані відходи у вигляді брикетів вивантажуються на металевий піддон, що переміщається по рольгангу, а потім за допомогою електричної талі перевантажуються в контейнери. У порту контейнери через люк за допомогою крана вивантажуються в звичайні автосамоскиди.

Брикети не мають великої міцності, що пов'язано зі складом відходів. Для додавання міцності брикетам у масу пресуємих відходів додають від 0,1 до 1,0 % сухого воднорозчинного клею. Витримка в цьому випадку на останньому етапі стискання складає близько 4 хв (90 хв без клею). У цих умовах брикети не руйнуються при падінні з висоти 1 м. Технологія обробки судових відходів за даною схемою не передбачає скидання брикетів з висоти 1 м, за винятком останньої операції – вивантаження в самоскиди, коли руйнування брикетів навіть корисне.

Брикетування з ізоляцією. Відходи через завантажувальний бункер аналогічно подаються в завантажувальний ківш преса БА 1330 або Б 132 (ступінь ущільнення до 8 разів). Брикети виштовхуються з преса на ґратчастий піддон, що занурюється у ванну з розплавленим бітумом на 1...2 хв, потім піддон піднімається, і робиться витримка для стікання зайвої маси бітуму і затвердіння. Покритий бітумом брикет виштовхується наступним брикетом на піддон, що переміщається по рольгангу. Маса одного брикету – 5 кг. З піддона брикети перевантажуються в спеціальні контейнери. У порту контейнери можуть аналогічно за допомогою крана через люк вивантажуватися в звичайні самоскиди.

Технологічна особливість даної схеми обробки судових відходів дозволяє спільну обробку харчових і побутових відходів. При цьому необхідно мати спеціальний отвір у камері преса для видалення фільтрату. Зневоднені відходи, ізольовані бітумом, можуть зберігатися на судні протягом 30 діб.

Брикетування з попереднім дробленням і наступною ізоляцією. Відходи через завантажувальний бункер надходять у дробарку, а

потім вже у здрібненому стані потрапляють у завантажувальний ківш преса типу БА 1330 або Б 132. Далі операції повторюються в тій же послідовності, як і в попередньому випадку.

Технологічною особливістю даної схеми є здрібнювання відходів до фракцій менших 20 мм (за крихкими компонентами) і до 250 мм (за волокнистими компонентами), що дозволяє збільшити ступінь ущільнення відходів до 10 разів. Можлива також спільна обробка з харчовими відходами. У цьому випадку в камері преса необхідний отвір для видалення фільтрату.

Брикетування й охолодження. Відходи обробляються за технологією брикетування без дроблення, за винятком останньої операції. Контейнери разом із брикетами надходять у холодильну камеру, де зберігаються при температурі не вище 5 °С. Можливий спільний збір харчових і побутових відходів. При цьому необхідно контейнери з брикетами незалежно від їхнього заповнення щодня закривати в холодильну камеру. Технологічна особливість даної схеми дозволяє задовольняти всі санітарно-гігієнічні вимоги обробки судових відходів за тривалості плавання більше 30 діб.

Дроблення і сплав камбузних відходів у спеціальну ємність. Здрібнювання здійснюється в дробарці, розташованій в камбузі під мийкою, у потоці води при співвідношенні маси води до відходів 10 : 1. Пульпа з дробленими відходами надходить у спеціальну ємність з конічним днищем і тангенціальною подачею повітря, що перешкоджає випаданню осаду.

З цього резервуара пульпа з дробленими відходами в дозволених районах відправляється за борт судна. Термін збереження пульпи в резервуарі – не більше 2 діб.

Дробленню підлягають усі харчові відходи, крім кісток, які необхідно відокремити і направити в переробку разом з іншими побутовими відходами. Дана схема переробки харчових відходів є найекономічнішою і забезпечує виконання всіх санітарно-гігієнічних вимог за умови вчасного видалення пульпи.

Як підсумок проведемо орієнтовний техніко-економічний аналіз запропонованих технологічних схем переробки судових відходів для суден з однаковим добовим накопиченням відходів, рівним 100 кг (табл. 6).

Таблиця 6. Характеристики різних засобів обробки твердих суднових відходів

Засіб обробки	Споживана потужність, кВт	Зайнята площа, м ²	Маса, кг	Умовна вартість, гр. од.
Контейнерний (ємність 0,75 м ³)	4,0	28,0	435	5400
Контейнерний (ємність 6...10 м ³)	6,0	29,6	2000	6500
Брикетування без ізоляції	24,0	35,6	31200	61550
Брикетування з ізоляцією	30,0	37,0	31450	63550
Брикетування з попереднім дробленням і наступною ізоляцією	35,0	44,0	32250	66650
Брикетування й охолодження	54,0	42,0	32200	68550
Дроблення і сплав	2,5	9,0	1200	3500

Як бачимо, найекономічнішою є контейнерна схема, що за умови окремої переробки побутових і харчових відходів також відповідає всім санітарно-гігієнічним вимогам незалежно від тривалості плавання. Ця схема може бути рекомендована для суден з чисельністю екіпажу до 100 чоловік. Для таких суден використання пресувального устаткування з метою одержання брикетів узагалі недоцільне. У цьому випадку більш раціонально збирати побутове сміття без харчових відходів у стандартні контейнери для сміття. Для зменшення питомого обсягу сміття в контейнері можна передбачити спеціальний пристрій для підпресовки.

2.2. Обробка рідких побутових відходів на судах

Відповідно до вимог Міжнародної конвенції із запобігання забруднення океану суднами 1973 р., розроблені суднові установки обробки і знезараження стічних вод типу ЕОС. Стічні води, що пропускаються через установку, очищаються, проходячи послідовно механічну фільтрацію, електроагуляцію, електрофлотацію та електрознезараження.

При електрохімічній обробці суднових стічних вод в установках типу ЕОС знезараження здійснюється іонами гіпохлориту, що утворюється при електролізі стоків, які містять морську або кухонну сіль. Для знезараження маломінералізованих стоків (концентрація солі менша 1 г/л) можна використовувати вторинні ефекти, що виникають при електрохімічній обробці, такі як зміна рН

стоків, дія електричного поля та струму, зміна температури, а також утворення окисників.

Практично повна загибель бактерій настає при рН 1 і 12,5 з терміном контакту не менше 5 хв. При електрохімічній обробці зі збільшенням об'ємної кількості електрики зрушення рН від нейтрального значення збільшується, але не досягає приведених значень рН.

При електролізі спостерігається [1] як прямий вплив власне параметрів електролізу на життєдіяльність бактерій, так і непрямий вплив рН середовища, температури і побічних продуктів, що утворюються в результаті електрохімічних реакцій.

Вирішальним фактором для придушення життєдіяльності бактерій є прямий вплив власне параметрів електролізу.

Величина напруги електричного поля, що забезпечує повну стерилізацію, знижується зі збільшенням часу перебування стоків у міжелектродному просторі.

У процесі роботи установок типу ЕОС утворюється активний хлор, що витрачається на окиснення забруднень стоків та їхнє знезараження. При концентрації морської солі в суднових стоках вище 4 г/л активний хлор, що утворюється в результаті електролізу, не цілком витрачається на очищення і знезараження. Очищена вода містить залишковий активний хлор у концентрації, що перевищує санітарні норми.

Отже, для забезпечення санітарних норм за залишковим активним хлором очищені води перед скиданням їх у море необхідно піддавати дехлоруванню.

Для видалення зі стоків залишкового активного хлору використовують фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи.

Фізичний метод заснований на здатності газів виділятися з розчину при зменшенні парціального тиску та підвищенні температури розчину. Застосування фізичного методу не забезпечує повного видалення залишкового активного хлору в стоках.

Методи *хімічного* видалення хлору з води полягають у тому, що до води додають реагенти, взаємодіючі з хлором. До таких реагентів відносяться гіпосульфит, сульфіти та сірчаний газ, солі окисненого заліза, аміак. Хімічні способи дехлорування води забезпечують повне видалення залишкового активного хлору, але вимагають введення реагентів і гострого контролю за кількістю

реагенту, що додається. Тому простіше застосовувати *фізико-хімічний* спосіб води, заснований на фільтруванні дехлоруємої води через різні матеріали, найбільш розповсюдженими з яких є активне вугілля.

Процес мутаційного фільтрування полягає в тому, що вода фільтрується через шар речовини, здатної хімічно реагувати з окисниками, що знаходяться у ній, причому продукти реакції виносяться разом з водою. Таким чином, при мутаційному фільтруванні має місце хімічна реакція, що призводить до витрати фільтруючого матеріалу.

Взаємодія активного хлору, присутнього у воді, що фільтрується, з вугільним фільтром призводить до утворення вуглекислоти й іонів хлору, що видаляються з водою і не є шкідливими речовинами, забороненими для скидання з суден.

Відповідно до рівняння, що описує процес дехлорування, теоретична витрата вугілля складає 0,086 мг на 1 мг хлору.

При здійсненні процесу дехлорування води з використанням фільтрування через активне вугілля необхідно враховувати два аспекти, пов'язані з властивостями вугілля. Процес сорбції складається з фізичної адсорбції та хімічної взаємодії.

У процесі дехлорування води активним вугіллям відбувається зменшення їхньої сорбційної ємності, що може бути поновлена.

Відомі методи регенерації активованого вугілля, такі як протічнійне промивання фільтра водою, розчинами гіпохлориду, хлористим кальцієм, лугами, продувка перегрітою парою. Регенерація може бути здійснена термічним методом, що полягає у прожарюванні вугілля в багатосекційних печах або печах киплячого шару.

2.3. Суднові сміттєспалювальні печі

Суднові печі для спалювання сміття (інсинератори) призначені для спалювання вмісту збірних танків, шламу стічних від і сміття (твердих відходів машинних відділень, побутових приміщень і камбуза, крім свіжої риби та її залишків) [4].

Спалювання відходів вимагає додаткової витрати палива, що, у свою чергу, деякою мірою сприяє підвищенню пожежонебезпеки судна, а також збільшенню викидів СЕУ. Однак застосування сміттєспалювальних печей (ССП) дозволяє обробляти усі види відхо-

дів практично без диму та запаху, у значній мірі зменшуючи масу й обсяг відходів, виключити попереднє сортування та поділ відходів перед спалюванням, істотно зменшити витрати палива за рахунок використання нафтомістких відходів.

Класифікувати суднові сміттеспалювальні печі можна за типом оброблюваних відходів і способом утилізації теплоти, одержуваної при спалюванні сміття.

На судах установлюються такі печі:

спеціалізовані – для спалювання тільки твердих або рідких відходів;

комбіновані – призначені для спалювання відходів усіх видів;

універсальні (багатоцільові) – де тепло спалювання твердих і рідких відходів використовується для виробництва пари (піч – допоміжний котел) або інертного газу (піч – генератор інертного газу).

Крім того, інсинератори можна класифікувати за типом подачі відходів у піч (ручна або механічна подача), за способом спалювання відходів, за типом топки й іншими ознаками.

Спалювання залишків нафтопродуктів, як правило, здійснюється за спеціально призначеною для цього системою. Допускається використання системи подачі палива і топкового пристрою котла для спалювання нафтових осадів і залишків за умови забезпечення бездимного горіння.

Котли-інсинератори повинні забезпечуватися ефективною системою самоочищення.

Для повного спалювання будь-яких типів відходів у печах необхідно підтримувати 800...1000 °С, а для усунення неприємного запаху температура газів на виході з топки не повинна бути нижчою за 750 °С.

Суднові печі повинні мати мінімальні масогабаритні показники, бути легкодоступними для експлуатації, технічного огляду та ремонту.

Суднові сміттеспалювальні печі розміщуються в окремих приміщеннях, що задовольняють вимогам протипожежного захисту і мають примусову систему вентиляції, або в машинному відділенні (МВ). Піч, встановлена в МВ, відокремлюється екраном.

Установка "Incumar Senior" призначена для обслуговування суден, що мають на борті від 500 до 2500 чоловік (пасажирські лайнери, поромі, плавучі бурові установки і т. ін.), де маса сміття

може досягати кількох тон у день. Піч модульної конструкції має продуктивність спалювання 900...1000 кг/год. Тверді відходи в мішках подаються стрічковим транспортером в завантажувальний пристрій (рис. 9), звідки вони через газонепроникну заслінку під впливом власної ваги падають на колосникові ґрати, що мають кут нахилу до горизонталі 10°. У процесі спалювання елементи, що утворюють колосникові ґрати, послідовно піднімаються за допомогою пневмоциліндрів, керованих пристроєм числового програмного керування. Таким чином, горюча маса дробиться, ворухиться і горіння інтенсифікується. Повітря з надлишковим тиском подається під колосникові ґрати. Гази, що відходять, змішуються в димоході з холодним повітрям до температури 300 °С і видаляються за допомогою вентилятора. На виході встановлений стільниковий пилезбірник, тому димові гази містять тверді частки усього від 0,5 до 1,0 г/м³. Форсунка, що працює на дизельному паливі, служить для нагрівання камери згорання до робочої температури та для підтримки процесу горіння при дуже вологому смітті або його низькій теплотворній здатності. Подача дизельного палива забезпечується насосом продуктивністю 30 л/год. Рідкі відходи впорскуються в піч через спеціальну форсунку. Наявність подвійних завантажувальних дверцят гарантує безпеку оператору.

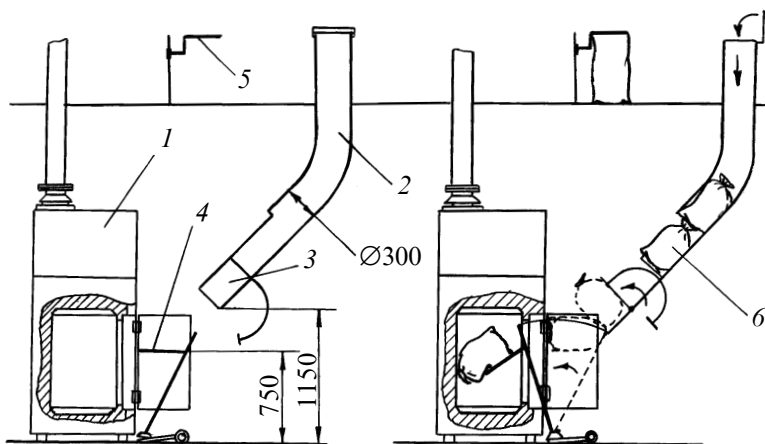


Рис 9. Схема подавально-завантажувального пристрою:

1 – установка СП-10; 2 – накопичувач; 3 – кантувач; 4 – подавально-завантажувальний пристрій; 5 – прилад для заповнення мішків сміттям; 6 – мішок зі сміттям

ра. Піч має корпус з повітряним охолодженням, що дозволяє встановлювати її в МВ без ризику надмірного підвищення температури в приміщенні. Автоматизоване керування дозволяє обслуговувати інсинератор одному оператору.

У Радянському Союзі була розроблена комбінована сміттєспалювальна піч малої продуктивності СП-10 (рис. 10), що розра-

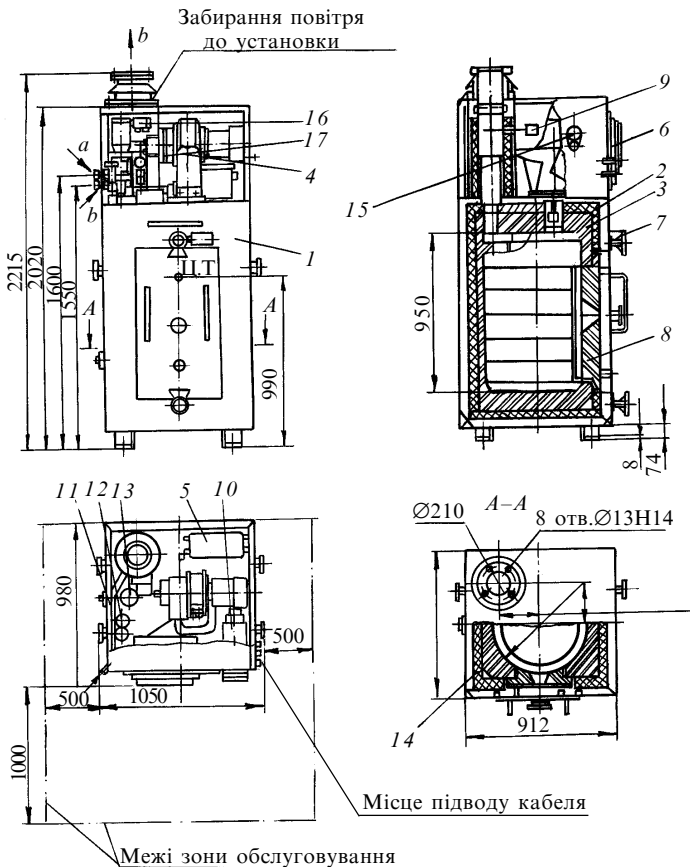


Рис. 10. Сміттєспалювальна піч СП-10:

1 – корпус; 2 – футеровка; 3 – термоізоляція; 4 – топковий пристрій; 5 – трансформатор запалювання; 6 – щит управління; 7 – замок електричний; 8 – завантажувальні дверцята; 9 – термопара; 10 – потенціометр; 11 – паливний фільтр; 12 – перепускний клапан; 13 – електромагнітний клапан; 14 – шурувальний пристрій; 15 – швидкозапорний клапан; 16 – реле тиску; 17 – манометр

хована на продуктивність 10 кг/год (сміття) та 2,5 кг/год (рідкі відходи). Установа призначалася для розміщення в машинно-котельних відділеннях або окремих приміщеннях. Завантаження сміття в установку здійснюється в мішках, пакетах розмірами не більше 700 × 300 мм. Установка забезпечує безвідмовну роботу при тривалому крені судна до 15° і диференті до 5°, а також бортовій хитавиці 22,5° з періодом 7...9 і кильовій до 10° від вертикалі.

Фірма "Atlas-Danmark Marine & Offshore" (Данія) оснащує свої сміттєспалювальні печі пристроями регенерації теплоти, що можуть використовуватися як джерела тепла для опріснювача. Так, випущені даною фірмою інсинератори Atlas Combi Tubon, Atlas Maxi і Atlas Maxi Tubon потужністю від 828,6 до $63 \cdot 10^5$ МДж/год, у яких можна спалювати до 12 т твердого сміття і 7,2 т нафтових шламів або шламу стічних вод, можуть працювати разом з опріснювачами продуктивністю від 1 до 1000 т/добу.

Приміщення для розташування ССП повинне бути або окремим від МВ, з висотою не менше 2,5 м й оснащене припливною та витяжною вентиляцією (рис. 11), або в МВ, але обгороджене екраном.

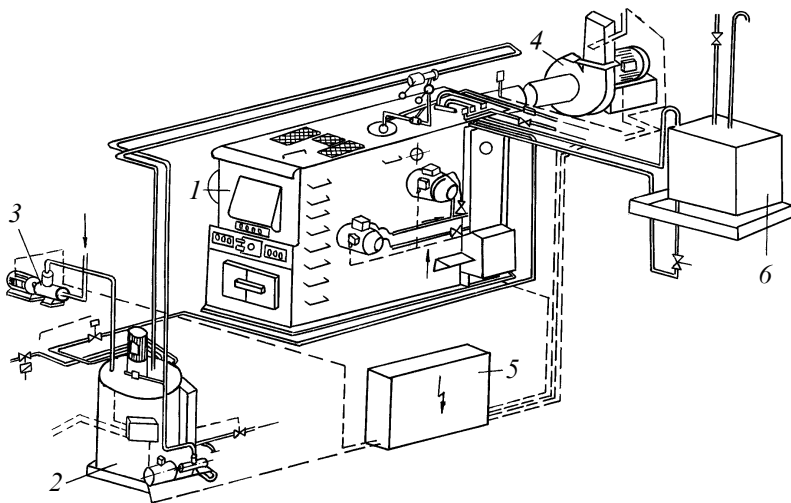


Рис. 11. Схема розташування суднової сміттєспалювальної печі у машинно-котельному відділі:

1 – вузол згоряння; 2 – установка підготовки залишків; 3 – підкачуючий насос масляного відстою; 4 – димосос; 5 – розподшаф; 6 – цистерна дизельного палива

ЛІТЕРАТУРА

1. Вопросы предотвращения загрязнения моря и атмосферы с судов: Сб. НТО им. А.Н. Крылова. – Л.: Судостроение. – 1984. – Вып. 401.
2. Екологія міста / За ред. *Ф.В. Стольберга*. – К.: Лібра, 2000.
3. Не превратить планету в свалку / *А. Тугов* и др. // Наука и жизнь. – 1998. – № 5.
4. *Ратушняк И.А., Трушляков Е.И., Чередниченко А.К.* Судовые мусоросжигательные печи: Учеб. пособие. – Николаев: УГМТУ, 1998.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Побутові відходи	4
1.1. Проблеми переробки побутових відходів	4
1.2. Властивості твердих побутових відходів (ТПВ)	9
1.3. Збір, видалення й утилізація ТПВ	15
1.4. Індивідуальні побутові системи переробки ТПВ	18
1.5. Прибирання міських територій	22
1.6. Полігони твердих побутових відходів	22
1.7. Сміттепереробні заводи	27
1.8. Сміттєспалювальні заводи	33
2. Суднові відходи	36
2.1. Аналіз технологічних схем обробки твердих судно- вих відходів	37
2.2. Обробка рідких побутових відходів на суднах	40
2.3. Суднові сміттєспалювальні печі	42
Література	47